

La complexité du système climatique

« 2013 a été plus fraîche que 2012, donc le climat ne se réchauffe pas. » L'argument revient chaque hiver et il a la forme d'une preuve. Il confond pourtant deux choses que ce chapitre existe pour séparer : ce qui varie d'une année sur l'autre, et ce qui dérive sur des décennies.

1 Le bilan radiatif, socle du raisonnement

PROPRIÉTÉ

La Terre reçoit en moyenne un flux solaire d'environ $340 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ au sommet de l'atmosphère. Une part est renvoyée directement — c'est l'**albédo** —, le reste est absorbé. Le sol chauffé réémet en infrarouge. À l'équilibre, ce qui repart vers l'espace compense ce qui est absorbé : tout écart à cet équilibre se traduit par une accumulation d'énergie dans le système.

$$\text{flux absorbé} = \text{flux incident} \times (1 - \text{albédo})$$

2 Les rétroactions

DÉFINITION

Une **rétroaction** est l'effet en retour d'un changement sur la cause qui l'a produit. Elle est **positive** quand elle amplifie ce changement, **négative** quand elle le tempère. Attention au vocabulaire : « positive » ne signifie pas favorable — une rétroaction positive aggrave la perturbation initiale.

PROPRIÉTÉ

Deux exemples suffisent. La fonte de la banquise remplace une surface claire par un océan sombre : l'**albédo** diminue, l'absorption augmente, le réchauffement s'amplifie — **rétroaction positive**. Une atmosphère plus chaude contient davantage de vapeur d'eau, elle-même gaz à effet de serre — positive encore. À l'inverse, un corps plus chaud rayonne davantage vers l'espace : cette rétroaction **négative** est ce qui fixe un nouvel équilibre au lieu d'un emballement.

RÈGLE

Une année plus fraîche ne dément aucune tendance. La **variabilité** se lit d'une année sur l'autre — échanges entre océan et atmosphère, éruptions volcaniques, cycles naturels ; la **tendance** se lit sur des décennies et sur la moyenne **globale**. Un point ne réfute pas une pente, et une région ne vaut pas une planète.

$$\text{variabilité} = \text{court terme, local} \cdot \text{tendance} = \text{décennies, global}$$

LE PIÈGE QUI COÛTE LE PLUS DE POINTS

Prendre une année froide, ou une région qui se refroidit, pour une objection au réchauffement global. — Deux échelles sont confondues. La **variabilité** interannuelle est grande et attendue : elle provient des échanges entre l'océan et l'atmosphère, des éruptions, des cycles naturels. La **tendance**, elle, se mesure sur des décennies et sur une moyenne planétaire. Un point ne réfute pas une pente, et une région ne vaut pas une planète.

Le réflexe : Avant de commenter un écart, demander sur quelle **durée** et sur quelle **étendue** il est mesuré.

3 Les paléoclimats

PROPRIÉTÉ

Les **paléoclimats** se reconstituent par des mesures indirectes : bulles d'air emprisonnées dans les carottes de glace, cernes des arbres, sédiments marins, pollens. Chaque méthode a sa résolution et son **incertitude** propre. Leur intérêt n'est pas la curiosité : ils fournissent le point de comparaison sans lequel on ne pourrait pas dire si ce qui se produit aujourd'hui est ordinaire ou non.

Que le système soit **complexe** — non linéaire, avec des délais et des seuils — n'entraîne pas qu'on n'en sache rien. Une grandeur peut être impossible à prévoir dans le détail et parfaitement contrainte dans son ordre de grandeur. Le **modèle** climatique n'existe pas pour deviner le temps qu'il fera : il sert à estimer la réponse moyenne du système à une perturbation donnée.

ANALYSER UNE RÉTROACTION CLIMATIQUE

- ① Nommer la **perturbation** initiale et la grandeur qu'elle modifie.
- ② Suivre la **chaîne d'effets** jusqu'à revenir à la grandeur de départ.
- ③ Conclure sur le **signe** : positive si le changement est amplifié, négative s'il est tempéré.
Positive ne veut pas dire bénéfique : une rétroaction positive aggrave, elle n'améliore rien.
- ④ Estimer le **délai** de la boucle : certaines agissent en mois, d'autres en siècles.
- ⑤ Dire ce que la rétroaction ajoute au **bilan radiatif**, et non à l'impression générale.

À VÉRIFIER

- Ai-je distingué **variabilité** et **tendance** ?
- Ai-je précisé la durée et l'étendue de chaque écart commenté ?
- Ai-je détaillé une **rétroaction** jusqu'au retour sur la grandeur de départ ?
- Ai-je rappelé que « positive » ne veut pas dire favorable ?
- Ai-je cité une source de **paléoclimat** avec son incertitude ?

À RETENIR

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Flux solaire moyen $\approx 340 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ au sommet de l'atmosphère.• Albédo : part renvoyée directement. Absorbé = incident $\times (1 - \text{albédo})$.• Rétroaction positive = amplifie. Négative = tempère.• Positive ne veut pas dire favorable.• Albédo et vapeur d'eau : deux rétroactions positives. | <ul style="list-style-type: none">• Rayonnement accru d'un corps chaud : rétroaction négative.• Variabilité : année à année, locale. Tendance : décennies, globale.• Paléoclimats : carottes de glace, cernes, sédiments, pollens.• Complexe ne veut pas dire inconnaisable. |
|---|---|